ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 AOUT 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la réduction des formes d'Hermite dans un corps quadratique imaginaire.* Note (1) de M. G. Humbert.

1. La réduction, par Hermite, des formes quadratiques positives à variables conjuguées a permis à M. Picard de former le polyèdre fondamental du groupe modulaire dans le champ complexe ordinaire; M. Bianchi est arrivé ensuite au même résultat en partant du groupe lui-même. Puis, dans deux remarquables Mémoires (*Math. Ann.*, t. 40 et 42), M. Bianchi a étudié les groupes de substitutions

$$z' = \frac{az+b}{cz+d}, \qquad ad - bc = \pm 1,$$

où a, b, c, d sont des entiers du corps quadratique imaginaire caractérisé par le radical $\sqrt{-D}$, et, pour un grand nombre de valeurs de D, il a pu construire le domaine fondamental, d'abord en appliquant la méthode, aujourd'hui classique, de l'extension du groupe par une symétrie, puis en faisant intervenir une extension plus ingénieuse et plus profonde.

Ces dernières méthodes, toutefois, ne sont pas absolument générales et ne semblent pas pouvoir aboutir dans tous les cas, par exemple si D est un nombre premier assez grand; de plus, elles n'apprennent rien *a priori* sur les sommets singuliers du polyèdre fondamental, c'est-à-dire sur ceux qui sont situés dans le plan analytique $\zeta = 0$; enfin, elles ne donnent

---

(1) Séance du 17 août 1915.

aucune propriété des formes réduites, qu'on définit seulement *a posteriori* à l'aide du polyèdre.

On peut, croyons-nous, combler ces lacunes en restant dans l'ordre d'idées inauguré par Hermite, et en prenant pour point de départ la réduction des formes.

Pour abréger, on supposera $D \equiv 1$ ou 2, mod 4; le cas de $D \equiv 3$ se traiterait de même; celui de $D \equiv 0$ est exclu, car D ne doit pas avoir de diviseur carré.

2. Soit donc $Axx_0 - bxy_0 - b_0x_0y + Cyy_0$, ou (A, b, C), une forme satisfaisant aux conditions suivantes :

1° A et C sont des entiers ordinaires positifs;

2° b et b_0 sont des entiers d'un corps quadratique imaginaire $\mathfrak{S}$, et b_0 est le conjugué de b;

3° Le discriminant, $AC - bb_0$, de la forme est positif;

4° On donne à x et y des valeurs quelconques, *entières dans* $\mathfrak{S}$, et à x_0, y_0 les valeurs respectivement conjuguées.

Dans ces conditions, la forme ne représente que des entiers positifs réels.

Nous dirons qu'elle représente *proprement* un entier lorsque les valeurs correspondantes de x et y sont premières entre elles, c'est-à-dire lorsque les idéaux principaux (x) et (y) sont premiers entre eux.

Enfin, deux formes sont dites *proprement équivalentes* lorsqu'on passe de l'une à l'autre par une substitution à coefficients entiers de $\mathfrak{S}$, et de déterminant $+1$, effectuée sur x, y; les variables x_0, y_0 subissent la substitution conjuguée.

Cela posé, il est clair qu'on peut, comme dans la théorie d'Hermite, trouver une forme, proprement équivalente à la proposée et dont le premier coefficient, A, soit le *minimum propre* de celle-ci, c'est-à-dire le plus petit entier ordinaire, non nul, représentable *proprement* par elle : cela tient à ce que si deux entiers, ξ et η, de $\mathfrak{S}$ sont premiers entre eux, on peut en trouver deux autres, α et β, tels que

$$\alpha\xi - \beta\eta = +1.$$

On peut ensuite, en opérant sur la nouvelle forme la substitution x, y; $x + \lambda y, y$, la ramener au type (A, b, C), où, si l'on pose

$$b = B_1 - iB_2\sqrt{D},$$

on aura

(1) $$-\frac{1}{2} \leqq \frac{B_1}{A}, \frac{B_2}{A} < \frac{1}{2}.$$

A ces inégalités on pourrait joindre $C \geqq A$, puisque C est représentable proprement par la forme, dont A est le minimum propre; mais leur ensemble ne suffit pas ici à exprimer que ce minimum est effectivement A. Il faut, pour cela, écrire que l'inégalité

(2) $$A\lambda\lambda_0 - b\lambda\mu_0 - b_0\lambda_0\mu + C\mu\mu_0 \geqq A$$

a lieu pour *toutes* les valeurs de λ, μ, entiers de $\mathfrak{C}$ et premiers entre eux.

Si les inégalités (1) et (2) sont vérifiées dans ces conditions par les coefficients d'une forme, on dira que celle-ci est *réduite*.

3. Il s'agit maintenant d'étudier les inégalités (2) et de voir si elles se ramènent à un nombre limité d'entre elles.

A cet effet, introduisons le point ξ, η, ζ, *représentatif* de la forme (A, b, C), situé au-dessus du plan $\zeta = 0$, et défini par

(3) $$\xi + \eta i = \frac{b_0}{A}, \qquad \xi - \eta i = \frac{b}{A}, \qquad \xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 = \frac{C}{A};$$

l'inégalité (2) s'écrit

(4) $$\mu\mu_0(\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2) - \xi(\lambda\mu_0 + \mu\lambda_0) - i\eta(\mu\lambda_0 - \lambda\mu_0) + \lambda\lambda_0 - 1 \geqq 0.$$

Elle exprime que le point ξ, η, ζ est à l'extérieur ou sur la surface d'une sphère, que nous désignerons par (λ, μ), dont le centre est, *dans le plan* $\zeta = 0$, le point analytique $z = \frac{\lambda}{\mu}$, et dont le rayon est l'inverse du module de μ. De plus, λ et μ sont des entiers de $\mathfrak{C}$, premiers entre eux.

Le point représentatif d'une *réduite* sera donc dans un domaine limité comme il suit : 1° en vertu de (1), par les quatre plans $\xi = \pm\frac{1}{2}$ et $\eta = \pm\frac{1}{2}\sqrt{D}$; 2° par les sphères (λ, μ). Le prisme formé par les quatre plans, ouvert en haut, du côté des ζ positifs, sera fermé vers le bas par les sphères, ou du moins par certaines d'entre elles. On simplifiera la recherche en observant que si (λ, μ) est une des sphères de fermeture, il en est de même des sphères $(\pm\lambda, \pm\mu)$, en sorte qu'il suffit de considérer le quart du prisme contenu dans le trièdre positif des axes, et de chercher à le fermer : en lui adjoignant ensuite ses symétriques par rapport aux plans $\xi = 0$, $\eta = 0$ et à l'axe $\xi = \eta = 0$, on aura le domaine total cherché.

La possibilité de fermer le prisme par des sphères (λ, μ) résulte du théorème suivant :

4. Théorème. — *Tout point z du plan des ξ, η, dont l'affixe est un nombre rationnel du corps $\mathfrak{S}$, est soit à l'intérieur, soit sur la surface, d'une sphère (λ, μ), de rayon fini.*

Si l'on pose $z = \xi + i\eta$, cela revient à dire, en faisant $\zeta = 0$ dans (4), qu'on peut trouver λ et μ, entiers du corps premiers entre eux, tels qu'on ait

$$[\mu(\xi + i\eta) - \lambda][\mu_0(\xi - i\eta) - \lambda_0] \leqq 1,$$

c'est-à-dire, en désignant la norme par la lettre $\mathfrak{N}$,

(5) $$\mathfrak{N}(\mu z - \lambda) \leqq 1 \text{ [1]} \quad \text{ou} \quad \mathfrak{N}(\mu r - \lambda s) \leqq \mathfrak{N} s,$$

étant posé $z = \frac{r}{s}$, où r et s sont des entiers de $\mathfrak{S}$.

Si r et s sont premiers entre eux, il suffira de prendre $\lambda = r$, $\mu = s$ pour que l'inégalité (5) ait lieu, son premier membre étant alors nul : la sphère (λ, μ) a pour centre le point $\frac{r}{s}$ lui-même et, pour rayon, $1 : \operatorname{mod} s$. C'est ce qui arrive, en particulier, lorsque z est entier; le rayon est alors 1.

Si r et s ne sont pas premiers entre eux, on posera

(6) $$(r) = \mathrm{I}\mathrm{J}_1, \qquad (s) = \mathrm{I}\mathrm{J},$$

I étant l'idéal (r, s), plus grand commun diviseur de (r) et (s), et J_1, J étant des idéaux premiers entre eux.

D'autre part, si I' est un idéal quelconque de la même classe que I, on pourra écrire

$$\mathrm{I}'\mathrm{J}_1 = (r'), \qquad \mathrm{I}'\mathrm{J} = (s'),$$

d'où l'on conclura $\frac{r'}{s'} = \frac{r}{s}$, au signe près, puisqu'il n'y a pas, dans $\mathfrak{S}$, d'autres unités que ± 1. Dès lors, le point $\frac{r'}{s'}$ est le même que $\frac{r}{s}$ et peut être substitué à lui pour la démonstration du théorème; sous une autre forme, on peut supposer que, dans (6), I est un idéal *particulier*, choisi à volonté

---

[1] La solution $\mu = 0$, $\lambda = 1$ est inacceptable, parce que, le premier membre de (4) s'annulant identiquement pour ces valeurs, la sphère (1, 0) n'existe pas.

dans une classe donnée, à savoir, d'après (6) même, la classe réciproque de celle qui contient J et J_1.

Voici comment nous choisirons I. On sait qu'à l'idéal (normal) de base normale $(q, g+i\sqrt{D})$ répond la forme quadratique positive, *de discriminant* D, et *proprement primitive*

$$qx^2+2gxy+\frac{1}{q}(g^2+D)y^2,$$

et inversement; aux idéaux normaux d'une classe répondent ainsi les formes d'une classe. Nous prendrons alors pour I l'idéal qui correspond à la *réduite* de Gauss de la classe de formes; si $qx^2+2gxy+hy^2$, ou (q, g, h), est cette réduite, nous poserons donc

$$(7) \qquad I=(q, g+i\sqrt{D}); \qquad q>0; \qquad -q\leqq 2g<q; \qquad g^2+D\equiv 0 \bmod q.$$

D'autre part, un entier quelconque de I étant donné par la formule

$$qx+(g+i\sqrt{D})y,$$

où x et y sont des entiers ordinaires, sa norme est

$$q\left[qx^2+2gxy+\frac{1}{q}(g^2+D)y^2\right]$$

et a dès lors pour minimum q^2, par une propriété classique des réduites de Gauss.

Distinguons maintenant deux cas, en observant que s est, par (6), un entier de I.

1° $\mathfrak{N}s>q^2$. On satisfera à l'*inégalité* (5) en choisissant λ et μ de telle sorte que $\mu r-\lambda s=q$, ce qui est possible, puisque $\mu r-\lambda s$, quand on fait varier λ et μ, parcourt tous les entiers de l'idéal plus grand commun diviseur de r et s, donc de I, et que q appartient à celui-ci. Mais il faut en outre que λ et μ ainsi déterminés soient premiers entre eux.

Or, l'idéal I ayant comme base soit (r, s), soit $(q, g+i\sqrt{D})$, on sait, par un théorème connu, que les deux bases sont liées par des relations linéaires et homogènes de déterminant 1, c'est-à-dire qu'il existe, dans $\mathfrak{C}$, des entiers α, β, γ, δ, tels que

$$(8) \qquad q=\alpha r+\beta s, \qquad g+i\sqrt{D}=\gamma r+\delta s, \qquad \alpha\delta-\beta\gamma=1.$$

La première de ces relations donne, pour λ et μ, la solution

$$\mu=\alpha, \qquad \lambda=-\beta,$$

et, par $\alpha\delta - \beta\gamma = 1$, on voit que α et β, donc λ et μ, sont premiers entre eux.

2° $\mathfrak{N}s = q^2$. En exprimant s comme entier de I, on aura

$$s = qx + (g + i\sqrt{D})y,$$

d'où

$$\mathfrak{N}s = q^2 = q\left[qx^2 + 2gxy + \frac{1}{q}(g^2 + D)y^2\right].$$

Mais la forme *réduite, proprement primitive*, entre crochets ne représente q, son minimum, que pour $x = \pm 1, y = 0$, et, *peut-être*, pour $x = 0, y = \pm 1$, ceci seulement dans le cas particulier où $g^2 + D = q^2$. Dans le cas général, on aura donc

$$s = \pm q \qquad \text{ou} \qquad s = q,$$

puisqu'on peut, sans changer le point $\frac{r}{s}$, changer à la fois les signes de r et de s. Quant à r, c'est, par (6), un entier de I, donc on a

$$(9) \qquad s = q, \qquad r = qa + (g + i\sqrt{D})b,$$

a et b étant des entiers ordinaires. De plus, on doit exprimer que le plus grand commun diviseur, (r, s), de (r) et de (s) est l'idéal I, défini par (7); cela revient évidemment à exprimer que $g + i\sqrt{D}$ est de (r, s) ou, comme on le voit aisément, que les entiers ordinaires b *et* q *sont premiers entre eux*.

Dans le cas particulier où $g^2 + D = q^2$, on a encore la solution

$$s = g + i\sqrt{D}; \qquad r = qa + (g + i\sqrt{D})b,$$

avec a et q premiers entre eux; d'où

$$\frac{r}{s} = \frac{qa + (g + i\sqrt{D})b}{g + i\sqrt{D}} = \frac{bq + a(g - i\sqrt{D})}{q}.$$

Ces valeurs de $\frac{r}{s}$ sont comprises dans celles que donneraient les formules (9), si l'on y introduisait, au lieu de la réduite (q, g, h), la réduite opposée $(q, -g, h)$, ici d'ailleurs équivalente à la première.

Nous pouvons donc nous borner aux points $\frac{r}{s}$, définis par (9). Pour ceux-là, on ne peut satisfaire à (5) qu'en y prenant le signe $=$, puisque $\mathfrak{N}s = q^2$, et que q^2 est le minimum de $\mathfrak{N}(\mu r - \lambda s)$, norme d'un entier de I.

Mais on peut effectivement y satisfaire, par des entiers, λ et μ, premiers entre eux.

Par exemple, en vertu des formules (8), qui sont toujours vraies, les valeurs $\mu=\alpha$, $\lambda=-\beta$ donnent $\mu r-\lambda s=q$, ce qui vérifie bien (5), avec le signe $=$. Mais il y a une infinité d'autres solutions.

5. *Conclusions.* — 1° On pourra fermer vers le bas, par des sphères (λ, μ), le domaine de réduction. Dans chaque cas particulier on devra faire une étude spéciale pour les déterminer.

2° Il y aura, dans le plan $\zeta=0$, des points qui seront *sur* des sphères (λ, μ), mais ne seront *à l'intérieur* d'aucune. Ce seront donc des sommets, dits *sommets singuliers*, du domaine de réduction.

On les obtiendra en cherchant ceux des points $\frac{r}{s}$, donnés par (9), qui sont à l'intérieur ou sur les côtés du rectangle limité par les droites $\xi=\pm\frac{1}{2}$; $\mu=\pm\frac{1}{2}\sqrt{D}$. Bornons-nous ici au quart, R, de ce rectangle, situé dans l'angle positif des axes; on complétera ensuite par symétries (n° 3).

D'après (9), il y a autant de *familles* de sommets singuliers qu'il y a de réduites de Gauss, positives et proprement primitives, de discriminant D; toutefois, la classe principale ne donne aucun sommet singulier, car, pour sa réduite, $q=1$, d'où $s=1$, et $\frac{r}{s}$ est entier [1]. Or nous avons vu que les points *entiers* sont centres de sphères (λ, μ) de rayon 1.

Soit alors une réduite de Gauss, de discriminant D, dont les deux premiers coefficients sont q et g $(q>1)$: pour que le point (9), $\frac{r}{s}$, soit dans R, il faut, puisque b doit être premier à q, que $0<b\leqq\frac{q}{2}$, le signe $=$ convenant seulement si $q=2$. On aura donc, pour b, un nombre de valeurs admissibles égal à $\frac{1}{2}\varphi(q)$, c'est-à-dire moitié du nombre des entiers positifs premiers à q et inférieurs à lui, avec la convention $\varphi(2)=2$. On voit ensuite, b étant donné, qu'on ne peut pas toujours déterminer a pour que le point $\frac{r}{s}$ soit dans R : d'une manière précise, deux réduites opposées, non équivalentes, donnent à elles deux *une solution et une seule;* une classe ambiguë en donne toujours *une.*

Si donc on ne considère pas comme distinctes deux classes opposées, et

---

[1] En ce cas, l'idéal (r, s) est (1), et r, s sont premiers entre eux, contrairement à l'hypothèse qui a conduit aux formules (9).

si $q_1, q_2, \ldots$ sont les minima des classes proprement primitives, de discriminant D, la classe principale étant laissée de côté, le nombre des sommets singuliers situés à l'intérieur ou sur les côtés du rectangle R sera

$$\frac{1}{2}[\varphi(q_1)+\varphi(q_2)+\ldots],$$

où $\varphi(q)$ est le nombre des entiers premiers à q et plus petits que lui, en supposant toutefois $\varphi(2)=2$.

Par exemple, pour $D=21$, en dehors de la réduite principale, les réduites sont (3, 0, 7); (2, 1, 11); (5, 2, 5), toutes ambiguës; or

$$\frac{1}{2}[\varphi(3)+\varphi(2)+\varphi(5)]=\frac{1}{2}[2+2+4]=4;$$

de sorte qu'il y aura, dans R, *quatre* sommets singuliers. Pour $D=14$, il y en aura *deux*, etc.

Nous aurons à revenir sur ce point et sur les propriétés des formes réduites.

BOTANIQUE. — *Sur trois types de Vanilles commerciales de Tahiti.* Note [1] de MM. **Costantin** et **Bois**.

Le problème de la culture de la Vanille a une importance spéciale pour nos colonies puisqu'elles produisent plus des $\frac{3}{5}$ de la récolte mondiale de ce fruit. En 1912, les établissements français de l'Océanie ont vu leur production s'élever à 187152kg sur un total de 473043kg pour l'ensemble des colonies françaises. Il en résulte donc que la question de la Vanille à Tahiti mérite de retenir l'attention des chercheurs [2].

La qualité des Vanilles de notre colonie océanienne laisse à désirer, car

---

[1] Séance du 17 août 1915.

[2] « Vers 1862, l'Agriculture fit des progrès assez marqués à Tahiti, 100000fr furent affectés à son développement et, sur cette somme, 5000fr furent consacrés à la création de vanilleries. En 1884, la superficie consacrée à la Vanille était de 81ha; en 1891, elle a atteint 191ha (Tahiti et Moorea réunis); on peut dire que la surface a plus que quadruplé. » (*Les Colonies françaises :* Régime de la propriété. Régime de la main-d'œuvre. L'Agriculture aux Colonies. Paris, 1900, p. 386. Ouvrage rédigé par MM. Imbart de la Tour, Dorvault, Lecomte.) Tahiti est actuellement le premier producteur de Vanille au moins *comme quantité*, sinon comme qualité (Capus et Bois, *Prod. colon.*, p. 273).

leur valeur commerciale est inférieure à celle des types de la Réunion et surtout du Mexique ([1]). Cette infériorité peut tenir à diverses causes : préparation défectueuse ([2]), climat ou sol moins favorables ([3]), variétés cultivées inférieures. Cette dernière cause a surtout fixé notre attention ; nous avons pu étudier des documents qui nous ont été communiqués par M. Prudhomme, directeur du Jardin colonial. Ils avaient été recueillis à Tahiti et expédiés en Europe par MM. Atger et Laurent, conformément aux instructions de M. le Ministre des Colonies, transmises à M. le Gouverneur des Établissements français de l'Océanie (29 décembre 1913, 21 février 1914).

Les échantillons qui nous ont été remis se rattachent à trois types portant les dénominations suivantes : *Mexique, Tahiti, Tiarei*. Ils se composent de parties stériles (tiges, feuilles et racines) et de fleurs et de fruits (les fleurs du Tiarei manquent) conservés dans le formol.

On sait que la Vanille cultivée à Tahiti a été introduite de Manille par l'amiral Hamelin en 1848; il est connu également qu'en 1850, la colonie en a reçu de nouveaux plants de Paris, grâce au contre-amiral Bonard ([4]). Le travail de Raoul ([5]) publié à l'occasion de l'Exposition de 1889, nous renseigne sur quelques particularités concernant ces premières plantes introduites : « Quoiqu'elle ne soit pas originaire de Tahiti, dit-il, la Vanille réussit très bien dans les vallées... La variété médiocre, qu'on avait seule pu se procurer au début, aura été partout remplacée par des plants récemment introduits dans la colonie. Ces plants, provenant des espèces

---

([1]) Cours en juillet 1914 : Vanille de Tahiti 23^{fr} à 24^{fr} le kilogramme ; Vanille de Bourbon en mélange 27^{fr} à 30^{fr}, les têtes 30^{fr} à 35^{fr}; Vanille du Mexique 40^{fr} à 70^{fr}.

([2]) Ce sont des Chinois qui sont chargés de cette opération et il serait facile de les initier aux méthodes usitées à la Réunion ou au Mexique, car ce sont des ouvriers habiles et très soigneux.

([3]) Le climat de Tahiti se rapproche de celui de la Réunion, car ces deux îles sont presque à la même latitude (17° au lieu de 20°). Le sol est volcanique dans les deux cas.

([4]) G. Cuzent, *O'Taïti*, Paris, 1860, p. 192. — Lecomte et Chalot, *Le Vanillier, sa culture, préparation et commerce de la Vanille*, 1902, p. 203. Le Dr Chassaniol appelle ces deux Vanilles introduites *V. aromatica* (celle d'Hamelin) et *V. planifolia* (celle de Bonard). Il ajoute : « Je ne connais pas à Tahiti d'autres vanilliers que ceux que je viens de mentionner ». (Séance du 17 août 1909 de la Chambre d'Agriculture de Tahiti. Voir aussi la séance du 18 mai 1914.)

([5]) *Les Colonies françaises*. Exposition de 1889, Tahiti (sans nom d'auteur, mais rédigé par Raoul), p. 43.

les meilleures du Mexique et de Bourbon, ont les feuilles *plus larges*, *plus épaisses* et *plus rondes* que les Vanilles à *feuilles pointues*, *presque lancéolées* actuellement cultivées. » Il semblerait, d'après ce témoignage, qu'il y aurait eu une troisième introduction, après les deux anciennes de 1848 et de 1850. Ceci ne s'accorde pas avec l'opinion récente du Dr Chassaniol, formulée en 1909, qui ignore cette dernière arrivée d'un type nouveau (voir la note précédente n° 4).

En somme, on voit qu'il y a quelques incertitudes, quant à l'histoire des introductions; ce qui paraît cependant résulter de notre enquête, c'est que le type portant le nom de *Tahiti* est très répandu et qu'il vient des Philippines, mais certainement dans cette île l'introduction de la Vanille est due aux Espagnols [1].

Voici une description sommaire des trois types reçus par nous du Jardin colonial.

1° *Vanille Mexique.* — Tige vigoureuse, 12^{mm} de diamètre. Feuilles ovales oblongues épaisses, arrondies à la base ainsi qu'au sommet, mais brusquement terminées par un acumen aigu; limbe de 20^{cm} à 22^{cm} de long sur 6^{cm},5 de large; acumen, 1^{cm} de long; pétiole canaliculé dessus, 1^{cm} de long. Fleur (voir plus loin les particularités) 6^{cm} de long; colonne 4^{cm}. Fruits, 22^{cm} de long, triquètres, aplatis, sillonnés, 14^{mm} à 15^{mm} de large.

2° *V. Tahiti.* — Tige moins robuste, 9^{mm} de diamètre. Feuilles étroitement oblongues lancéolées se terminant progressivement en pointe très aiguë; limbe 22^{cm} de long sur 4^{cm} de large. Fleur (voir plus loin les particularités) 6^{cm} de long; colonne 3^{cm},6

(1) Quelle est l'origine de ce type des Philippines? On n'est pas fixé à cet égard. Blanco dans la Flore de ces îles (Blanco, *Flora Filip.*, 1845, 2e édit., p. 593) mentionne une espèce de Vanille qu'il appelle *V. majaijensis* Blanco. Il déclare avoir reçu cette plante de son ami Azaloa, sous ce nom. En fait, la plante n'est connue que par la description de Blanco; il prétend que son fruit n'est *pas aromatique*, aussi serait-on tenté de croire qu'il ne s'agit pas d'un type commercial; mais Naves, dans la troisième édition de l'Ouvrage de Blanco (Naves, Blanco, *Id.*, 3e édit., Nov. App., p. 248), énumère cette plante comme croissant dans la province de San-Mateo, où il affirme avoir vu des fleurs et des fruits. Il ne peut être question là que de cultures; aussi la plupart des auteurs, et en particulier M. Rolfe, considèrent-ils cette plante comme identique au *Vanilla planifolia* (Rolfe, *Kew Bull.*, 1895, p. 176; *Journ. of the Linnean Society*, t. 32, 1896). Il y a deux espèces sauvages aux Philippines : *V. calopogon* Reichb. f. (espèce aphylle) et *V. philippinensis* Rolfe (fruit court : 6^{cm} à 7^{cm} de long sur 2^{cm} de large). M. Rolfe déclare qu'il serait désirable que le *V. majaijensis* soit étudié à nouveau. Peut-être est-ce le *Vanilla planifolia* v. *angusta* que nous définissons plus loin (ou variété cultivée à Tahiti sous le nom de Vanille de *Tahiti*.

de long; pétiole 1^{cm} de long. Fruits plus petits 16^{cm} à 20^{cm} de long, section un peu triangulaire, lisses, 13^{mm} à 14^{mm} de large, à partie terminale rétrécie légèrement différenciée.

3° *V. Tiarei.* — Tige grêle, 7^{mm} de diamètre. Feuilles petites, étroitement oblongues lancéolées, se terminant progressivement en pointe très aiguë; limbe 13^{cm} à 17^{cm} de long sur $3^{cm},3$ à $3^{cm},5$ de large; pétiole 1^{cm} à $1^{cm},5$ de long. Fleur (manquant). Fruits plus longs, arqués, aplatis, à section un peu triangulaire au début, sillonnés, cannelés, 23^{cm} à 25^{cm} de long sur 15^{mm} à 17^{mm} de large.

Le premier type V. Mexique est le *Vanilla planifolia* Andrews ([1]).

La seconde Vanille appelée *Tahiti* a évidemment des feuilles très spéciales par leur forme, et, si l'on se bornait à l'examen de l'appareil végétatif, on serait tenté de la rapprocher par ses feuilles du *V. Chamissonis* Klotzsch ([2]) mais plus petites. L'étude des fleurs ne laisse pas de doute que c'est encore un *V. planifolia* Andrews. Il y a cependant quelques différences florales appréciables, justifiant pour cette plante la création d'un type que nous proposons d'appeler *angusta*. Le labelle de la Vanille *Mexique* est à trois lobes à bords légèrement crénelés, le lobe médian sillonné dessus, avec de légères verrucosités en séries longitudinales (incolores dans la dissolution de formol); la colonne est pourvue d'une forte pubescence sur la partie antérieure et mesure 4^{cm} de long. Dans la Vanille *Tahiti*, le labelle est à trois lobes à divisions latérales plus *laciniées* sur les bords; le lobe médian sillonné longitudinalement a des crêtes très saillantes ayant conservé leur coloration jaunâtre (dans le liquide conservateur); la colonne est plus courte, mais offre, comme dans le cas précédent, une pubescence accusée sur sa face antérieure.

Nous avons recherché si parmi les types *commerciaux* ou *sauvages*, décrits en grand nombre dans ces dernières années dans le genre Vanille, il n'y aurait aucune plante se rapprochant de cette Vanille *Tahiti*, qui est une forme si distincte.

I. Une revision soigneusement faite, publiée en 1895 par M. Rolfe ([3]) a appris que les *Vanilles commerciales* se rattachent à six espèces. En réalité

([1]) La description détaillée se trouve notamment dans Martius, *Flora brasiliensis*, t. 3, pars IV, p. 145.

([2]) Martius, *loc. cit.*, t. 3, pars IV, p. 148 (*Pl. XXXII*).

([3]) Rolfe, *Vanillas of commerce* (*Kew Bulletin of miscell. informat.*, 1895, p. 169).

une seule a une valeur prépondérante (*V. planifolia*) et une seconde une valeur très subordonnée, cette dernière est le Vanillon (*V. Pompona*). Le *V. Gardneria* Rolfe, qui donne la Vanille du Brésil et de Bahia, est mal connu; ses fruits seraient courts et larges (14^{cm} de long sur $2^{cm},5$ de large) à odeur forte plutôt désagréable (rank). Le *V. phæantha* Reichb. f. est indigène à la Trinidad et n'est cultivé que dans quelques jardins botaniques des Antilles; si on l'emploie dans quelques contrées américaines, c'est par la récolte de fruits spontanément développés en forêt vierge; son parfum est d'ailleurs faible [1]. Les deux autres espèces ne méritent pas mention [2]. Aucune de ces plantes ne peut être confondue (sauf la première) avec le type de la Vanille *Tahiti*.

II. Parmi les espèces *sauvages* de description récente, aucune n'a paru présenter une affinité, même lointaine, avec cette dernière plante. Cette recherche attentive a d'abord été faite pour les espèces américaines [3], cela se comprend aisément puisque, jusqu'ici, aucune Vanille commerciale n'a été rencontrée à l'état spontané en dehors du Nouveau Monde [4].

N'ayant abouti à faire aucun rapprochement, nous avons cru devoir

---

(1) Cette espèce se distingue par des fleurs plus grandes, un labelle sans disque verruqueux, un fruit plus court.

(2) *V. appendiculata* Rolfe n'est pas cultivé et n'a pas de valeur économique; son labelle à appendices foliacés est d'ailleurs très distinct. *V. odorata* Presl n'est connu que par sa description et par la remarque de Presl que ses fruits, conservés pendant 36 ans, avaient gardé leur parfum aromatique.

(3) Étude des principales flores américaines : MARTIUS, *loc. cit.* — FAWCETT, *Flora of Jamaica*, 1910, p. 16. — URBAN, *Symbolæ Antillanæ*, t. 6 (COGNIAUX, *Orchidaceæ*, 1909-1910).

(4) Types récemment découverts : *V. Duckei* Huber (Amazone) (*Materiaes para a Flora amazonica* : VII. *Plantæ Duckeanæ*. Boletim do Museu Goldi-Museu parense, V, nº 2, p. 327); *V. fimbriata* Rolfe (Guyane) (*Kew Bull.*, 1899, p. 133); *V. Hartii* Rolfe (Trinidad) (*Kew Bull.*, Id.); *V. Bakeri* Schlechter (Cuba) (FEDDE, *Repert. Nov.*, 1910, Sp. VIII, p. 561); *V. Pittieri* Schlechter (Costa Rica) (FEDDE, *Id.*, III, 1906, p, 106); *V. Chalotii* Finet (Cuba) (*Bull. Soc. bot. France*, t. 56, 1909, p. 102); *V. marowynensis* Pulle (Guyane) (PULLE, *Enum. Pl. Surinam*, 1906, p. 118); *V. Weberbaueriana* Kränzlin (Pérou) (*Engler's Jahrb.*, t. 37, 1906, p. 396), espèce connue des indigènes sous le nom de *Vainilla; V. Dietschiana* Edwall (Brésil) (*Revista centr. Sci. Campinas*, II, p. 192); *V. articulata* Northrop (Bahama) (*Mém. Torr. Bot. Club*, XII, p. 37).

compléter cette étude par l'examen méthodique de tous les types signalés depuis la publication de la monographie de M. Rolfe ([1]).

La conclusion de cette enquête nous conduit, en définitive, à considérer le type *Tahiti*, comme se rattachant au *V. planifolia*. On a déjà signalé des formes de cette espèce, mais elles ont été jusqu'ici insuffisamment caractérisées et aucune n'est aussi franchement distincte que celle que nous venons de définir ([2]).

Pratiquement et pour la vente, on classe les Vanilles en se fondant sur le parfum, la couleur et la longueur des fruits. Ce triage est une opération délicate, qui exige beaucoup d'expérience et il y a des professionnels dont c'est la spécialité, comme il y a des dégustateurs de vin ou de thé.

Préciser les caractères d'une variété de Vanille qui est la plus répandue dans l'île de Tahiti nous a paru présenter un véritable intérêt, surtout si l'on se rappelle que ce pays est au premier rang parmi les contrées productrices de ce fruit parfumé.

La question de la Vanille appelée *Tiarei* mérite également une mention, bien que nous n'ayons pas eu de fleurs pour son étude. D'après le témoignage de M. Laurent, pharmacien à Tahiti, cette troisième variété de Vanille a fait son apparition il y a cinq ou six ans, mais son origine reste inconnue ([3]). Ses feuilles sont petites et ses tiges grêles font d'abord supposer qu'il s'agit d'individus chétifs et rabougris; comme la forme des

---

([1]) Rolfe, *A revision of the Genus Vanilla* (*Journal of the Linnean Society*, t. 32, p. 439-478). Espèces signalées en dehors du Nouveau Monde depuis 1896 : *V. tolypophera* Ridley (Péninsule malaise) (*Trans. Linn. Soc.*, 2e sér., t. 3, 1893, p. 376); *V. Laurentiana* de Wildeman (Congo belge) (Wildeman, *Plantes utiles du Congo*, p. 337); *V. Lujæ* de Wildeman (Congo belge) (*Flore du bas et du moyen Congo*, t. 1, p. 111, 231: Belgique coloniale, 1904, p. 28); *V. zanzibarica* Rolf (Afrique tropicale et Zanzibar) (*Kew Bull.*, 1906, p. 116).

([2]) Delteil (*La Vanille, sa culture et sa préparation;* Paris, 1897, p. 30, 36) mentionne plusieurs types de Vanilles (en dehors du Vanillon ou *Vanilla pomba*) assez mal définis : 1° *V. corriente*, Vanille lec ou aromatique, espèce la plus renommée pour ses gousses avec cinq variétés (*a.* Vanille charnue et longue; *b. V. chica fina,* de moitié plus longue; *c. V. saccata,* à peau plus fine que la première; *d. V. resecata,* petite sèche, le quart de la longueur de la précédente; *e. V. basura,* tout à fait inférieure); 2° *V. sylvestre* ou *simarona*, Vanille sauvage à fruit plus petit que celui de la *corriente;* 3° *V. metiza*, fruit plus rond; 4° *V. puerca,* dont l'odeur est désagréable. Il s'agit là, on le voit, de formes commerciales caractérisées par la forme et la qualité du fruit, mais non scientifiquement définies.

([3]) Procès-verbal de la séance du 18 mai 1914 de la Chambre d'Agriculture de Tahiti.

feuilles rappelle celle des échantillons de la Vanille *Tahiti*, on est tenté, au premier aspect, de regarder ces plantes comme des individus malingres de ce type, mais les grandes dimensions des fruits qui atteignent jusqu'à 25^{cm} prouvent qu'il s'agit d'une forme spéciale et caractérisée.

Comment expliquer l'apparition si récente d'un tel type? Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées : ce peut être une bouture nouvellement importée ou une variation brusque d'une forme préexistante ou hybride développé spontanément. La dernière opinion paraît peu vraisemblable. L'étude des fleurs, quand nous les posséderons, nous permettra peut-être de trouver une solution de ce problème.

Au point de vue pratique, nous devons signaler que cette troisième Vanille, à laquelle nous donnons provisoirement le nom de *Vanilla Tiarei*, est digne d'intéresser les cultivateurs. Les fruits sont grands (25^{cm}) et l'on sait que la taille est un des éléments qui interviennent pour la fixation du prix. D'après une expertise qui a été faite à la demande de M. Prudhomme par M. Maurice Simon « l'épiderme est très épais et fort dur, le parfum et goût faible, agréable et doux, mais avec un arrière-goût d'héliotrope; on trouve à Java et spécialement aux Moluques des Vanilles de ce genre ». La valeur commerciale (¹) est plus élevée que celle des Vanilles qualifiées *Tahiti*.

BOTANIQUE. — *Origine staminale du périgone des Liliacées : preuves fournies par les fleurs pleines d'Hémérocalle*. Note de M. **Paul Vuillemin**.

Les fleurs pleines qui caractérisent une race horticole d'*Hemerocallis fulva* L. se distinguent immédiatement des fleurs simples par le grand nombre de leurs appendices, l'absence de pistil, la présence de pièces intermédiaires entre le pétale et l'étamine. On y constate à la fois un excès, un défaut et une modification des pièces florales.

Ces matériaux polymorphes, comme les appendices de la fleur simple, forment des cycles ternaires alternes et sont agencés sur six rayons. Seulement chaque rayon porte une série de pièces, dont les termes ne sont pas, comme dans la fleur simple, limités à deux en dehors du pistil.

En tenant compte des pièces observées, fussent-elles réduites à 2 ou 1 par cycle, en restituant les cycles non développés qui devraient s'intercaler, conformément à la règle d'alternance, entre deux cycles consécutifs

(¹) Environ 25^{fr} le kilogramme (au cours de juillet 1914).

superposés, on compte, dans huit fleurs, sur treize analysées, les cycles impairs, partant du cycle extérieur ou cycle I, jusqu'au onzième, avec lacunes plus fréquentes au septième et au neuvième qu'au dernier, les cycles pairs jusqu'au dixième, avec lacunes rares au cycle IV, communes aux cycles VI et VIII et moins au cycle X. L'épuisement progressif entrave l'épanouissement complet des derniers cycles. Une seule fleur s'est arrêtée au huitième cycle, quatre au neuvième.

La surabondance des pièces pétalaires, staminales, ou mixtes, est corrélative de l'absence de pistil. Le nombre des pièces étrangères au plan normal, supérieur à 3, écarte l'idée d'une métamorphose des carpelles; au reste on ne décèle aucun vestige d'organe femelle ou de paroi ovarienne. L'hypothèse d'une prolification centrale, émise par Godron à propos de la duplication accidentelle d'une fleur de la même espèce, n'est corroborée par aucune observation concernant la race à fleurs pleines. Les matériaux rendus disponibles par l'absence de pistil ont renforcé les six séries radiales de la fleur normale sans former de séries nouvelles. On admet, en pareil cas, qu'il n'y a *pas multiplication*, mais que les rudiments préexistants se sont *divisés* tangentiellement par fission réitérée nommée *abusivement ramification* faciale.

Pour savoir quels sont les rudiments intéressés par la fission supplémentaire, recherchons dans chaque cycle le degré de ressemblance avec le périgone ou l'androcée, en examinant, dans les huit fleurs à onze cycles, la composition des cycles successifs, c'est-à-dire le nombre pour 100 (en négligeant les décimales) des pièces purement pétalaires p, purement staminales e, ou mixtes m. Ces rapports sont indiqués dans le Tableau A.

TABLEAU A.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.
p.....	100	100	75	45	96	70	14 ½	20	50	0	0
m....	0	0	25	45	4	30	57	60	50	10	0
e.....	0	0	0	10	0	0	28 ½	20	0	90	100

Les étamines pures apparaissent dans les cycles IV, VII, VIII, X, XI. Leur absence du cycle IX, comme leur présence au cycle IV, exclut l'hypothèse d'une origine staminale pour les cinq cycles internes, d'une origine périgonique pour les cinq ou six précédents; le relèvement de la proportion des pétales au cycle IX, son abaissement au cycle IV partent dans le même sens.

Groupons d'une part (Tableau B) les cycles dépourvus d'étamines pures, d'autre part (Tableau C) ceux qui en possèdent :

Tableau B.

	I.	II.	III.	V.	VI.	IX.
p....	100	100	75	96	70	50
m...	0	0	25	4	30	50
e....	0	0	0	0	0	0

Tableau C.

	IV.	VII.	VIII.	X.	XI.
p....	45	$14\frac{1}{2}$	20	0	0
m...	45	57	60	10	0
e....	10	$28\frac{1}{2}$	20	90	100

Dans la Tableau B, la courbe descendante des pétales et la courbe ascendante des pièces mixtes seraient continues, si elles ne présentaient un crochet au niveau du cycle III. Celui-ci, ayant moins de pétales et plus de pièces pétalo-staminales que n'en comporte sa position proche de l'extérieur, sera reporté en tête du Tableau C. Cette correction complète, dans le Tableau C, la progression continue des étamines et la régression continue des pétales, troublées seulement par une faible oscillation des cycles VII et VIII.

Cette légère imperfection disparaît et les courbes deviennent continues, si nous dissocions de nouveau les Tableaux B et C en séparant les cycles impairs des cycles pairs dans les Tableaux B′ et B″, C et C″ :

Tableau B′.

	I.	V.	IX.
p.......	100	96	50
m......	0	4	50
e.......	0	0	0

Tableau B″.

	II.	VI.
p.......	100	70
m......	0	30
e.......	0	0

Tableau C′.

	III.	VII.	XI.
p.......	75	$14\frac{1}{2}$	0
m......	25	57	0
e.......	0	$28\frac{1}{2}$	100

Tableau C″.

	IV.	VIII.	X.
p.......	45	20	0
m......	45	60	90
e.......	10	20	100

Dans l'ensemble de la fleur pleine, les caractères pétalaires rétrogradent et les caractères staminaux progressent de dehors en dedans, sans démarcation entre une moitié périgonique et une moitie androcéenne.

Malgré cette modification générale, des cycles à prédominance pétalaire : I, II, V, VI, IX, et des cycles à prédominance staminale : III, IV, VII, VIII, X, XI, sont répartis à tous les niveaux.

Si nous remarquons que les cycles consécutifs, étant alternes, appartiennent à des séries différentes et que les cycles se superposent de deux en deux, nous reconnaissons que chaque cycle principalement pétalaire recouvre un cycle principalement staminal et forme avec lui un couple : I-III ; II-IV ; V-VII ; VI-VIII ; IX-XI. Chaque couple comprend un cycle couvrant rappelant le périgone et un cycle couvert rappelant l'androcée. Si nous désignons par P les cycles périgoniques, par E les cycles d'étamines, nous obtenons pour la fleur à onze cycles la formule PE, PE, PE, PE, PE, dans laquelle le cycle X seul n'est pas représenté.

Le cycle X, composé surtout d'étamines pures, ne forme pas de couple avec un cycle pétalaire. Il occupe la position du cycle couvrant du sixième couple, mais reste isolé puisque le cycle XII fait défaut. En l'absence du cycle XI, le cycle IX se comporte comme le cycle X des fleurs plus complètes. En effet, dans quatre fleurs ne dépassant pas le neuvième cycle, ce dernier possède huit étamines et trois pièces mixtes, tandis que, dans les fleurs à onze cycles, ses pièces se partagent également entre les pétales purs et les stamino-pétales, à l'exclusion des étamines pures.

Les fleurs comptant un nombre impair de cycles comprennent donc, outre les couples pétalo-staminaux, un cycle isolé staminal, selon la formule $n\mathrm{PE} + \mathrm{E}$. Dans une fleur à onze cycles, chaque série radiale impaire renferme $3pe$ et chaque série paire $2pe + e$; dans une fleur à neuf cycles, chaque série impaire renferme $2pe + e$ et chaque série paire $2pe$.

Une série quelconque forme un tout dérivé d'une pièce unique primitivement staminale, le pétale n'ayant pas en soi sa raison d'être comme l'étamine. La première fission produit un pétale en dehors de l'étamine et constitue un premier couple, le seul réalisé dans les fleurs simples. La seconde fission donne une étamine isolée en dedans du couple pétalo-staminal. La troisième complète le second couple ; la suivante donne une étamine isolée en dedans de deux couples, et ainsi de suite.

La commune origine des étamines et des pétales, de l'étamine isolée et du couple, explique l'homologie de tous les appendices floraux précédant le pistil des Liliacées. Étamines, pièces mixtes, pétales, mélangés dans la fleur pleine, suivant les règles que nous venons de dégager, ne proviennent pas de créations, ni de métamorphoses, mais d'une simple modification d'appendices de même type.

La fleur pleine d'Hémérocalle résume l'histoire de la fleur des Liliacées. L'état primordial de l'androcée reparaît dans les cycles staminaux isolés. Les couples montrent le dédoublement de l'androcée en étamines et pétales.

La division faciale qui explique la production indéfinie (dans la limite des matériaux disponibles) de nouvelles pièces pétalaires, mixtes, ou staminales aux dépens d'un nombre constant de séries radiales, explique également l'origine du périgone normal.

Les différences de forme qui ont pu faire croire à l'existence d'un calice sont provoquées par l'action directe du milieu extérieur sur le premier cycle. Dans les fleurs pleines, les lames doublant les pièces étroites et raides du cycle externe sont délicates, ondulées comme celles du second cycle.

La fleur des Liliacées n'a pas de périanthe provenant de bractéoles annexées à la fleur. En dehors du pistil, elle est réduite à l'androcée, d'où procède un périgone homologue d'une double corolle.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le fascicule 3, Tome V, de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous la direction de M. H. Lecomte. (Présenté par M. L. Mangin.)

MM. **Bordas**, **P. Vayssière** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte* en 1915.

MM. **Berland**, **Louis Fabry**, **Lameere**, **H. Lecomte**, **Maignon**, **H. Stassano** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

Mme veuve **H. Rück** adresse également des remercîments à l'Académie.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un* « électrovibreur » *alimenté par des courants interrompus*. Note [1] de M. **E.-F. Perreau**, présentée par M. J. Violle.

La Station centrale de la Ville ne fournissant que du courant continu à 220 volts, j'ai été amené à installer dans mon Laboratoire un « *électro-*

[1] Séance du 2 août 1915.

vibreur », que plusieurs chirurgiens des Hôpitaux militaires emploient avec succès suivant la méthode indiquée par M. Bergonié.

Cet électrovibreur se compose d'un noyau (cylindre de 20^{cm} de long, de 4^{cm} de diamètre, pesant $1^{kg},5$, formé de fils de fer doux isolés) placé à l'intérieur d'une bobine de 464 tours de fil de cuivre de 3^{mm} de diamètre répartis en huit couches sur une longueur de 20^{cm}. Le poids de la bobine est de 8^{kg}, de sorte que tout l'appareil pèse environ 10^{kg}.

Pour faciliter les manipulations, cet appareil, muni d'un interrupteur à portée de la main de l'opérateur, est suspendu à un moufle et son poids équilibré par la traction d'un long ressort en laiton fixé à une lourde masse reposant sur le sol. En déplaçant cette masse et en allongeant plus ou moins le ressort, on peut amener l'appareil à la hauteur voulue et le manier sans fatigue.

Le courant d'alimentation de fréquence 50 est fourni par un alternateur donnant à vide une force électromotrice efficace de 146 volts. Lorsque le courant passe dans l'appareil, la différence de potentiel aux bornes tombe à 135 volts, l'intensité efficace du courant circulant dans la bobine étant de 11,5 ampères.

Bien que les dimensions de l'appareil soient réduites et la puissance absorbée faible, cet électrovibreur s'est montré assez fort pour permettre dans un grand nombre de cas la recherche et la localisation de projectiles (éclats d'obus ou balles).

On sent également les vibrations d'un corps non magnétique, pièce d'argent ou de cuivre, lame d'aluminium ou de plomb, tenu entre les doigts, mais à une distance trop petite (5^{cm} environ) pour que dans la plupart des cas on puisse l'employer pour la recherche de balles de shrapnell.

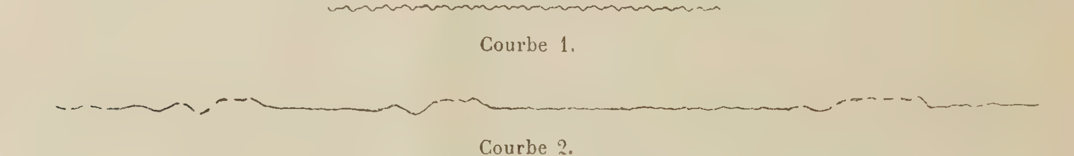
L'action de l'électrovibreur dépendant évidemment du flux de force qui s'échappe d'un pôle, j'ai essayé de l'augmenter en diminuant la réluctance du circuit magnétique. J'ai employé pour cela deux noyaux, l'un droit de 38^{cm} de long, l'autre d'abord de même longueur, mais dont on a ensuite recourbé les fils de manière à former une sorte de calotte coiffant la bobine sur le tiers de sa longueur.

A égalité de courant dans la bobine, ces noyaux sont plus avantageux que le premier; mais, en fait, avec mon installation où il est impossible d'augmenter la force électromotrice de l'alternateur, ils ne m'ont pas donné un électrovibreur plus puissant. Cela tient à ce que la diminution de réluctance du circuit magnétique, entraînant une augmentation de self-inductance de la bobine, produit un affaiblissement de l'intensité du courant.

Ayant ainsi employé avec succès cet électrovibreur avec des courants alternatifs, j'ai essayé de le faire fonctionner avec du courant continu interrompu. J'ai utilisé pour cela un interrupteur rotatif (modèle Drault employé en radiographie) avec un courant donnant sur un ampèremètre thermique une indication de 8 ampères.

Les vibrations se sont fait sentir avec une intensité plus grande qu'avec le courant alternatif, il est vrai avec un autre caractère : au lieu d'un frémissement continu, on perçoit périodiquement comme de petits chocs. L'intensité plus grande peut même donner, comme nous l'avons vu dans divers cas sur des blessés, un mouvement visible de la peau, alors qu'avec le courant alternatif, on ne faisait que sentir la vibration.

J'ai d'ailleurs comparé les deux modes d'emploi de l'électrovibreur en enregistrant les vibrations d'un petit corps en fer (tête de vis ronde de 3^{mm} de diamètre) fixé au levier d'un tambour Marey. Le courant alternatif a donné, pour une distance du petit corps au milieu du noyau de la bobine



Courbe 1.

Courbe 2.

de 2^{cm} environ, la courbe 1, alors que le courant continu interrompu a donné la courbe 2 pour une distance de 6^{cm}.

On voit que, dans ce dernier cas, les déplacements sont beaucoup plus grands, plus espacés d'ailleurs l'un de l'autre. La discontinuité du tracé au moment de la vibration montre, en outre, que le corps vibre dans toutes les directions.

Ces inscriptions graphiques confirment bien les résultats de l'observation directe.

Sur les corps non magnétiques, l'action de l'électrovibreur est aussi plus grande avec le courant continu interrompu qu'avec le courant alternatif. On conçoit d'ailleurs qu'il en soit ainsi. Les vibrations, tenant aux courants induits dans ces corps, seront plus grandes avec le courant continu interrompu dont les variations brusques d'intensité produisent des courants induits plus forts que les variations plus lentes d'intensité du courant alternatif.

L'idée devait naturellement venir d'essayer aussi l'effet de ces interruptions périodiques avec le courant alternatif. Le résultat s'est trouvé celui

qu'on attendait : au frémissement continu dû au courant alternatif s'ajoutent périodiquement de petits chocs beaucoup plus vigoureux qui peuvent faciliter certainement la recherche et la localisation des projectiles magnétiques ou non.

En résumé, un interrupteur rotatif permet l'emploi de l'électrovibreur avec des courants continus. Il augmente aussi l'efficacité de l'appareil alimenté avec du courant alternatif. Cette augmentation est surtout précieuse pour la recherche des corps non magnétiques.

PHYSIQUE. — *Sur le covolume des gaz dégagés par les matières explosives.* Note de M. **Daniel Berthelot**, transmise par M. E. Jungfleisch.

La théorie et l'expérience indiquent que, sous de fortes pressions ou à de hautes températures, c'est-à-dire dans les conditions qui se trouvent réalisées lors de la détonation des explosifs, l'équation caractéristique des gaz tend vers la forme $p(v - b) = RT$ qui ne diffère de l'équation des gaz parfaits que par le terme correctif b appelé *covolume*.

En 1882, Sarrau [1] détermina les valeurs suivantes de b d'après les expériences d'Amagat :

Hydrogène.	Azote.	Oxygène.	Formène.	Acide carbonique.
0,00089	0,0014	0,00089	0,0011	0,00087

Il ressort de là ce fait remarquable que, pour des gaz variés, le covolume est voisin de la millième partie du volume spécifique, c'est-à-dire du volume occupé par le gaz à 0° et sous la pression atmosphérique. En conséquence, MM. Mallard et Le Chatelier [2] proposèrent d'introduire cette valeur 0,001 dans les calculs relatifs à la puissance des explosifs et cette approximation a été généralement adoptée depuis.

Un fait nous frappe aujourd'hui : une telle relation comporte une restriction de la loi des états correspondants, d'après laquelle l'équation caractéristique de chaque gaz contient le même nombre (égal à 3) de variables indépendantes (p, v, T) et de paramètres indépendants (on choisit pour ceux-ci soit les trois constantes critiques, soit les trois grandeurs physiques : attraction moléculaire, covolume, poids moléculaire).

---

(1) *Comptes rendus*, t. 94, 1882, p. 847.

(2) *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, t. 2, 1884-1889, p. 144.

Or, si la relation de Sarrau était générale, le covolume se déduirait immédiatement du poids moléculaire et le nombre des constantes indépendantes tomberait à 2. Cette relation empirique n'est donc compatible avec le théorème des états correspondants que pour un groupe spécial de gaz caractérisés par une même liaison entre leurs constantes critiques. Cette liaison est d'ailleurs facile à indiquer.

D'après l'équation de Van der Waals, on aurait

$$(1) \qquad R = \frac{8}{3}\frac{p_c v_c}{T_c}, \qquad b = \frac{v_c}{3} = \frac{1}{8}\frac{RT_c}{p_c}.$$

En prenant pour unité de pression l'atmosphère, pour unité de volume le volume du gaz à 0° et sous 1^{atm}, $R = \frac{1}{273}$. Les formules (1) montrent donc que, pour que b fût égal à 0,001, il faudrait que l'on eût $T_c = 2,2 p_c$; c'est ce qui n'a lieu, même d'une manière grossière, pour aucun des gaz étudiés.

Mais ce désaccord avec le résultat de Sarrau tient uniquement à l'inexactitude des relations (1) de Van der Waals. En effet, la nouvelle équation d'état, que j'ai fait connaître il y a une douzaine d'années (¹) et qui représente très bien les propriétés des gaz, donne

$$(2) \qquad R = \frac{32}{9}\frac{p_c v_c}{T_c}, \qquad b = \frac{v_c}{4} = \frac{9}{128}\frac{RT_c}{p_c}.$$

Les formules (2) montrent que b est égal à 0,001 si $T_c = 3,9 p_c$. D'où la conclusion :

Le covolume n'est égal au millième du volume spécifique que pour les gaz dont la température critique est sensiblement égale au quadruple de la pression critique.

En fait, ces conditions se trouvent remplies tout au moins avec une précision de l'ordre de celle dont se contentait Sarrau et qui suffit dans les calculs sur les explosifs, non seulement pour les gaz étudiés par ce savant, mais encore pour les principaux gaz des explosions. J'emprunte les données

(¹) D. Berthelot, *Sur les thermomètres à gaz* (extrait du Tome 13 des *Travaux du Bureau international des Poids et Mesures*, 1902). Une application intéressante de cette équation vient d'être faite par M. Riddick Partington dans son Mémoire : *Calcul des chaleurs spécifiques de l'air et de l'acide carbonique au moyen de l'équation d'état de D. Berthelot* (*Physik. Zeitschrift*, t. 14, 1913).

suivantes aux Tableaux que j'ai publiés dans le *Recueil de Constantes de la Société de Physique :*

	H^2.	N^2.	CO.	O^2.	CH^4.	CO^2.	N^2O.	HCl.	H^2O.
T_c......	33°	127°	133°,5	155°	199°,5	304°,4	309°,5	325°	638°
p_c......	11^{atm}	$33^{atm},6$	$35^{atm},5$	50^{atm}	$56^{atm},8$	$72^{atm},9$	72^{atm}	83^{atm}	200^{atm}
$T_c : p_c$...	3,0	3,8	3,8	3,1	3,5	4,2	4,3	3,9	3,2
b.......	0,00078	0,00097	0,00097	0,00080	0,00090	0,0011	0,0011	0,0010	0,00082

On voit que, pour ces gaz, b est sensiblement compris entre 0,0008 et 0,0011, et $T_c : p_c$ entre 3 et 4.

Mais ce serait une erreur de croire qu'il en soit ainsi d'une façon générale. Il ne faut pas oublier que les gaz dégagés dans les explosions présentent certains traits communs : ils sont de structure moléculaire simple et relativement stables à haute température. Si l'on prenait au contraire des composés organiques complexes, dont la molécule contient un grand nombre d'atomes, la relation de Sarrau serait en défaut. Ainsi le rapport $T_c : p_c$ s'élève à 8 pour l'alcool ordinaire; à 12 pour le benzène; à 13 pour l'éther ordinaire; à 19 pour le naphtalène, etc.

Il n'en est pas moins intéressant de noter que, tandis que la théorie des états correspondants ferait prévoir une complète indépendance de T_c et p_c, l'expérience montre que ces grandeurs varient jusqu'à un certain point parallèlement dans de grands groupes de gaz. En particulier, les gaz dont le point critique est bas (lesquels sont tous monoatomiques ou diatomiques) ont aussi une faible pression critique. Il y a une quinzaine d'années, alors que la température critique de l'hydrogène (33° absolus) était de beaucoup la plus basse connue, et qu'on admettait universellement la pression critique 20^{atm} d'après une expérience d'Olszewski, j'ai fait remarquer que cette expérience était très peu sûre et que, bien que la valeur de 20^{atm} fût la plus basse des pressions critiques mesurées, elle était encore trop élevée pour cadrer avec les propriétés de l'hydrogène et devait être abaissée au moins à 12^{atm}. Les mesures récentes ont donné en effet 11^{atm}. Depuis, M. Kamerlingh Onnes a trouvé pour l'hélium la température critique très basse 5°,25, et aussi la pression critique extraordinairement faible $2^{atm},26$. Il y a là une confirmation nouvelle très frappante de la dépendance physique de ces deux grandeurs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un appareil pour la photolyse des poudres.* Note (1) de M. Guilbaud.

Comme l'ont montré MM. Berthelot et Gaudechon dans leurs Communications (2), les rayons ultraviolets agissent par processus catalytique accélérant la décomposition qui tend à se faire lentement sous l'influence des agents naturels (chaleur, humidité, action atmosphérique).

Dans ces mêmes Communications et dans celle sur le coefficient des températures des variations photochimiques (3), les auteurs ont montré que les

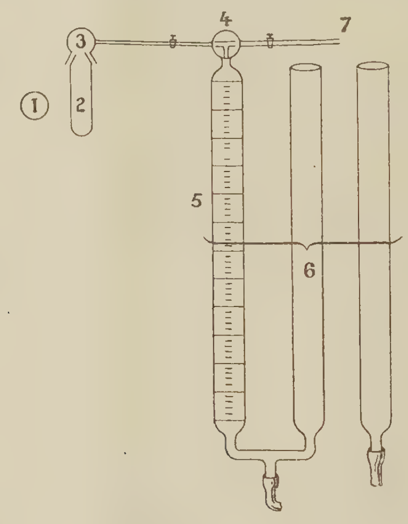


Schéma de l'appareil. — 1, lampe à vapeur de mercure; 2, tube à décomposition en quartz; 3, capuchon en verre; 4, robinet à trois voies; 5, chambre du volumètre; 6, ensemble du volumètre; 7, vers la pompe à vide et appareils d'absorption.

décompositions obtenues sont indépendantes du facteur élévation de température.

Toutes les épreuves auxquelles sont soumises actuellement les nitrocelluloses et les poudres sans fumée utilisent le facteur élévation de température; elles seraient utilement complétées par des épreuves photolytiques, ce qui permettrait un contrôle mutuel.

---

(1) Séance du 9 août 1915.

(2) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 1220; t. 154, 1912, p. 201 et 514.

(3) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 440.

J'ai construit un appareil permettant d'effectuer facilement la photolyse des nitrocelluloses et des poudres qui en sont composées et d'en tirer les enseignements qui conviennent.

L'appareil se compose essentiellement d'un tube à décomposition en quartz, d'un volumètre et d'appareils de dosage.

Le tube à décomposition en quartz transparent a 15^{mm} de diamètre et 100^{mm} de haut. Son extrémité ouverte peut être fermée par un capuchon en verre rodé de façon à assurer une fermeture hermétique. Le capuchon communique par un tube très étroit et aussi court que possible avec la chambre de mesurage d'un volumètre qu'on a choisi tel qu'il permette une très grande approximation. Un robinet à trois voies permet d'ouvrir ou de fermer la communication entre le tube à décomposition et le volumètre ou le volumètre et la pompe à vide et les appareils de dosage.

Pour effectuer un essai, on met dans le tube de décomposition un poids déterminé de nitrocellulose ou de poudre (2^g-$2^g,5$). Le capuchon est fixé sur le tube à décomposition. On fait le vide aussi parfait que possible à l'aide de la pompe (20^{mm}). Dans la pratique, on néglige les quantités d'air qu'on n'a pu enlever. Le tube à décomposition en communication avec la chambre du volumètre est soumis aux irradiations d'une lampe à vapeur de mercure pendant un certain temps. On note de temps à autre les volumes de gaz dégagés, ce qui permet de construire la courbe des vitesses de décomposition. Au bout du temps qu'on s'est fixé pour observer la décomposition, on ferme le robinet sur le tube à décomposition et l'on ouvre celui des appareils de dosage pour y chasser les gaz. (Les appareils de dosage remplacent la pompe à vide quand elle devient sans usage.)

La décomposition des nitrocelluloses et poudres sans fumée donne cinq gaz

$$CO^2 + CO + N^2 + N^2O + NO$$

en quantité et en proportion variables.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge crétacé (Bégudien) des couches détritiques du Logis de Nans (Var).* Note [1] de M. **J. Repelin**, présentée par M. Pierre Termier.

Mes observations au cours de ces dernières années m'ont amené à classer dans le Crétacé un certain nombre des affleurements de couches détritiques, poudingues, argiles, bancs oolithiques que l'on considérait jusqu'à présent comme oligocènes. Parmi ces affleurements se trouvent

---

[1] Séance du 17 août 1915.

ceux du quartier de Bassan (est de Roquevaire), ceux qui se trouvent au nord du village du Plan d'Aups et ceux de la Taurèle (sud-ouest de Nans). Ces derniers apparaissent sous la partie de la grande nappe de la Sainte-Baume connue maintenant sous le nom de *bande de Nans*. Ils sont bien caractérisés par leurs fossiles et par leur constitution minéralogique.

La similitude de facies et de situation m'avait fait depuis longtemps soupçonner que les conglomérats argiles et calcaires du Logis de Nans, également figurés comme oligocènes sur la carte à $\frac{1}{80\,000}$, devaient aussi être classés dans le Crétacé supérieur. De nombreuses recherches dans ces terrains, qui occupent plusieurs centaines d'hectares, étaient restées infructueuses et n'avaient pu me fournir de preuves convaincantes.

Des observations toutes récentes ont levé les dernières incertitudes. J'ai pu me rendre compte d'abord de la parfaite continuité de ces couches avec celles de la Tuilière (est de Nans) très bien caractérisées comme crétacées et avec celles de Nans même non moins bien caractérisées. De plus, j'ai eu la bonne fortune de trouver, intercalé dans cette formation, un de ces bancs de grosses oolithes concrétionnées, si caractéristiques de certains niveaux du *Crétacé supérieur* (*Bégudien*).

Le fait est important, aussi bien au point de vue tectonique qu'au point de vue de l'étude du Tertiaire provençal. Ces couches sont en effet recouvertes par les assises jurassiques de la bande de Nans, et si leur âge oligocène eût été confirmé, il fallait admettre que la formation de la grande nappe de la Sainte-Baume était, au moins partiellement, postérieure à cet oligocène, ce qui était contraire à ce que j'ai observé jusqu'ici. D'autre part, la liaison qu'établissait cet affleurement entre l'Oligocène du bassin de Marseille et celui de la région de Brue-Auriac, Barjols, etc., n'existant plus, il semble bien probable, que le bassin oligocène de Marseille, de facies d'ailleurs si différent de celui du Var, devait en être indépendant.

La présence d'un conglomérat de rivage à Saint-Zacharie paraît bien indiquer que la dépression lacustre commençait à ce qu'on peut appeler la *haute vallée de l'Huveaune*. Les éléments anciens des poudingues de Marseille proviendraient probablement du remaniement des conglomérats crétacés.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les eaux souterraines en Afrique occidentale.* Note [1] de M. **Henry Hubert**.

Les indications générales suivantes, basées uniquement sur l'observation, ont pour objet de montrer les conditions dans lesquelles se présentent les eaux souterraines en Afrique occidentale, dans la partie du sous-sol actuellement accessible à nos investigations. Ce sujet sera développé ultérieurement par ailleurs.

Relativement à la façon dont se comportent les eaux superficielles et souterraines, l'Ouest africain peut se diviser en trois zones distinctes.

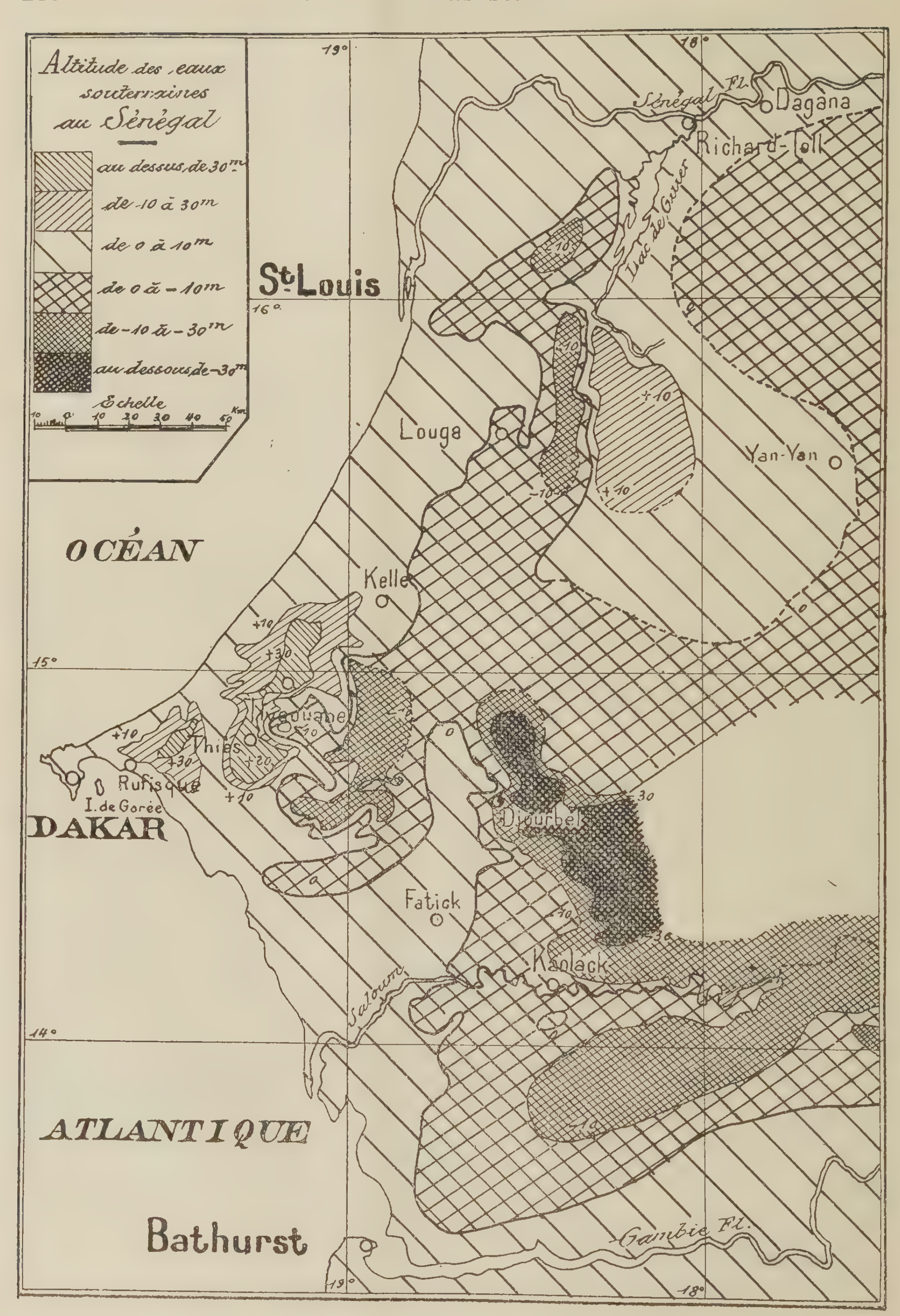
Dans la première, située au sud du 5°30′ lat. N. (et par suite très peu étendue), les précipitations, bien qu'irrégulièrement réparties suivant les saisons, s'observent pendant presque toute l'année, même en hiver. Elles assurent par suite l'alimentation constante de tous les cours d'eau. Les eaux souterraines sont partout très près de la surface.

Dans la seconde, au nord du 17e parallèle, les précipitations sont rares et irrégulières. Par suite, il n'y a plus d'eaux permanentes à la surface; les eaux souterraines paraissent réparties d'une façon très capricieuse échappant actuellement à tout essai de généralisation.

Enfin, dans la troisième zone, intermédiaire entre les deux précédentes, la distinction entre les saisons pluvieuses et les saisons sèches est très tranchée, d'où un régime très inégal des cours d'eau. Avant l'hivernage, les fleuves et les grosses rivières n'ont plus qu'un débit extrêmement faible par rapport à celui de la période de crue; quant aux artères de médiocre importance, elles ont alors disparu de la surface. Cette zone, dont la limite nord est marquée par la rive septentrionale des fleuves Sénégal et Niger, occupe de beaucoup la plus grande partie de l'Ouest africain habité par des populations sédentaires. Deux cas sont à considérer suivant les conditions dans lesquelles les eaux souterraines s'y observent.

I. *Régions non calcaires.* — Dans ces régions, largement dominantes, on constate : 1° que la surface des eaux souterraines se raccorde à celle des eaux libres et a des variations de même sens aux mêmes époques; 2° que cette surface offre l'image de la surface topographique, mais avec de

(1) Séance du 26 juillet 1915.


Altitude des eaux souterraines au Sénégal
au dessus de 30m
de 10 à 30m
de 0 à 10m
de 0 à -10m
de -10 à -30m
au dessous de -30m
Echelle
10 0 10 20 30 40 50 Km
OCÉAN
ATLANTIQUE
St Louis
Sénégal Fl.
Dagana
Richard-Toll
Lac de Guier
Louga
Yan-Yan
Kelle
Thiès
Rufisque
I. de Gorée
DAKAR
Diourbel
Fatick
Kaolack
Saloum
Gambie Fl.
Bathurst
19°
18°
16°
15°
14°

notables atténuations; c'est ainsi qu'au-dessous d'un plateau peu étendu, l'élévation de la surface des eaux souterraines est relativement faible (plateau d'Abomey); par contre, les vastes régions élevées contribuent au relèvement général des eaux souterraines et deviennent ainsi des centres hydrographiques importants (Fouta-Djalon et ses annexes, plateau de Bobo-Dioulasso, Atacora); 3° que les brusques dénivellations topographiques favorisent le rapprochement et parfois l'intersection de la surface du sol et celle des eaux souterraines (source d'émergence, rivières pérennes, puits peu profonds).

Tous ces caractères montrent que les eaux souterraines rencontrées sont celles de la surface hydrostatique. Le sol se comporte comme une masse homogène quelle que soit la nature lithologique des formations.

II. *Régions non calcaires.* — Les indications précédentes sont en défaut pour les trois régions où des horizons calcaires ont été observés (Colonie du Sénégal, plaine à l'est de la falaise de Bandiagara, Territoire militaire du Niger). Du moins pour les deux premières, que j'ai seules étudiées, aucun doute ne saurait subsister relativement à la relation qui existe entre l'allure aberrante des eaux souterraines et la présence des calcaires en profondeur.

En ce qui concerne le Sénégal, cette allure est mise en évidence par les cartes que j'ai pu établir en utilisant notamment des documents émanant du Service des Travaux publics de cette colonie. Comme on le verra sur l'une de ces cartes, dont on trouvera ci-contre une réduction partielle et simplifiée, il est remarquable qu'il ait été possible de tracer des courbes de niveau ne se chevauchant pas l'une l'autre. L'examen comparé de ces courbes et des formations montre que la surface des eaux souterraines : 1° peut reproduire celle du sol et se raccorder aux eaux libres (terrains homogènes, en général au voisinage de la mer); 2° peut reproduire celle du sol sans se raccorder aux eaux libres (terrains hétérogènes, mais non fissurés, en particulier entre Rufisque et Tivaouane); 3° peut n'offrir aucun rapport avec celle du sol et dans ce cas il n'y a plus d'eaux libres (terrains calcaires dominants, occupant la plus grande partie de la colonie). L'existence des eaux souterraines paraît alors n'être plus en relation qu'avec la présence de couches imperméables, et ceci est confirmé par l'observation soit de niveaux aquifères superposés, soit d'eaux artésiennes (ces dernières non jaillissantes).

La répartition géographique des calcaires conduit à ce résultat para-

doxal que si, d'un point quelconque de la surface des eaux libres qui entourent complètement la Colonie du Sénégal (Océan, fleuves Sénégal et Gambie, rivière Falémé), on se dirige vers l'intérieur des terres, on constate que la surface des eaux souterraines, après s'être légèrement élevée, s'abaisse rapidement de façon à se trouver bientôt *au-dessous du niveau de la mer*. On s'explique ainsi que la colonie, entourée d'eaux libres permanentes de tous côtés, soit occupée, dans sa partie centrale, par une région désertique (Ferlo).

PHYSIOLOGIE. — *Mesures arthrodynamométriques.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Laveran.

Les différents segments articulés qui composent l'appareil locomoteur de l'homme forment entre eux des angles dont les valeurs limites sont utiles à connaître. Elles font défaut à la Science.

D'autre part, l'*action musculaire* varie suivant ces valeurs angulaires, et c'est elle qu'il s'agit de ménager et d'approprier.

Tout d'abord, la Chirurgie est souvent obligée d'immobiliser une articulation, comme celle du coude, en adoptant un angle invariable (cas des tuberculoses). Il est évident que l'ankylose ainsi choisie doit respecter, ou tout au moins ne pas gêner les mouvements habituels des membres.

D'autre part, le choix des *appareils prothétiques* est basé autant sur les qualités propres de la construction que sur la liberté des mouvements qu'ils autorisent. Des recherches que nous poursuivons sur ce problème, il résulte que le point de vue utilitaire, le rendement du membre artificiel, doit l'emporter sur toutes autres considérations, et ce rendement est en rapport avec les valeurs linéaires et angulaires des segments articulés.

Ainsi, *chirurgie* et *orthopédie* ont un extrême besoin de savoir à quelle ankylose correspond le meilleur fonctionnement musculaire.

Ce besoin n'est pas moins urgent pour la *rééducation des mutilés*, le travail professionnel étant chez eux affaire de discipline et d'orientation des forces encore disponibles. Enfin, comme je l'ai dit en décrivant mon *arthrodynamomètre* (1), toute la rééducation fonctionnelle doit être guidée par ces mesures de forces et d'amplitudes qui, à tout instant, révéleront

(1) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 730.

les progrès accomplis, et, par comparaison avec un sujet normal, les progrès qu'il s'agit de réaliser.

Tableau I. — *Valeurs angulaires extrêmes des déplacements articulaires.*

Articulations.	Flexion. D.	Flexion. G.	Extension. D.	Extension. G.	Abduction. D.	Abduction. G.	Adduction. D.	Adduction. G.	Pronation. D.	Pronation. G.	Supination. D.	Supination. G.	Latéralité. D.	Latéralité. G.
Épaule	190°		20°		165°	160°	45°		»		»		»	
(articulation scapulo-humérale)														
Coude	133[a]	140	»		»		»		194[c]	200	140[c]	125	»	
	120[b]	130	»		»		»		120[d]	115	95[d]	90	»	
(art. huméro-cubitale ; art. huméro-radiale)														
Poignet	72[a]	70	63	60	»		»		»		»		50[e]	52
	80[b]												32[f]	20
(art. radio-carpienne.)														
Doigts : auriculaire	92		»		»		»		extrêmement faibles				limitée par le voisinage des doigts	
annulaire	90													
médius	85													
index	90													
pouce	75[g]													
Hanche	130[d]	125	40		60[c]		30[c]		50[c]	45	25[c]	»	»	
	80[c]				72[d]		40[d]							
(art. coxo-fémorale)														
Genou	130		»		»		»		»		30	25	»	
Pied	22	25	22	23	»		»		»		»		20[e]	20
													5[f]	4
(art. tibio-tarsienne ; art. astragaliennes)														

Tableau II. — *Variations des moments en fonction de l'angle de flexion.*

Angles de flexion.	170°	160°	150°	140°	130°	120°	110°	100°	90°	80°	70°	60°	40°
Moments en kg-cm. Coude droit..	50	52	56	64	62	62	56	54	54	52	40	32	30
Moments en kg-cm. Poignet droit..	21	32	30	30	26,4	24	24	20	»	»	»	»	»

C'est pourquoi nous avons groupé un très grand nombre d'observa-

(a) Le membre étant dans sa position normale (plan sagittal pour la main).
(b) Le membre étant en pronation, la paume de la main regardant le sol.
(c) Le membre étendu, d'où une combinaison d'articulations.
(d) Le membre fléchi.
(e) Latéralité *externe*, le membre en pronation.
(f) Latéralité *interne*, le membre en pronation.
(g) La flexion du pouce et de son métacarpien donnent une amplitude de 170°.

tions arthrodynamométriques, dont les Tableaux I et II reproduisent les *moyennes*. Les individus observés se rapprochent autant que possible du type moyen (poids de 65^{kg}, taille de $1^{m},65$) et sont constitués normalement. Le Tableau I donne les amplitudes extrêmes des écarts angulaires, soit que deux segments se déplacent l'un par rapport à l'autre, soit que tout entier le membre quitte le tronc. On remarquera que la flexion du coude est plus grande en position normale, lorsque la main regarde le corps. C'est du reste ainsi que s'effectuent les mouvements rapides de l'avant-bras, pour frapper avec un marteau, ou manœuvrer une scie, une lime. Au contraire, dans la traction, les muscles agissent davantage en supination de l'avant-bras, et il est clair que l'amplitude des mouvements n'a plus ici la même importance.

On pourrait multiplier ces exemples.

Le Tableau II indique les *moments de rotation* des muscles fléchisseurs, moments qui s'expriment par le produit des efforts en jeu par leur distance à l'axe de rotation. Dans le cas du coude, ce produit est un maximum entre 120° et 140°, ce qui veut dire que l'ankylose la moins ouverte ne doit pas descendre au-dessous de 120°. Il ne faut pas sacrifier les avantages qui en résulte pour le travail et les exercices professionnels à la satisfaction de besoins minimes, comme de pouvoir enlever son chapeau ou fumer une cigarette.

En résumé, les mesures que nous venons de rassembler doivent inspirer le chirurgien, l'orthopédiste et le technicien d'usine, afin d'adapter l'impotence ou la mutilation à l'action la plus favorable de la puissance musculaire.

MÉDECINE. — *Sur la toxine typhique et sur la production d'un sérum spécifique contre la fièvre typhoïde.* Note de M. **H. Vincent**, présentée par M. A. Laveran.

I. L'ensemble des symptômes morbides observés chez le malade atteint de fièvre typhoïde résulte de l'intoxication par les endo- et les exotoxines sécrétées par le bacille. Le traitement spécifique de la fièvre typhoïde exige donc l'emploi d'un sérum aussi antitoxique que possible. Pour réaliser ce dernier il est nécessaire d'obtenir des cultures ayant acquis le maximum de toxicité.

De nombreux auteurs, Beumer et Peiper, Klemperer et Levy, Sanarelli, Brieger, Kitasato et Wassermann, Chantemesse, Pfeiffer et Kolle, Rodet et Lagriffoul, Besredka, etc., ont étudié la question de la sérothérapie antityphoïdique.

Je résumerai ici le résultat des expériences que j'ai faites sur le même sujet.

L'ensemencement du bacille typhique soit à l'air, avec ou sans ventilation continue, soit en anaérobiose, dans les milieux usuels, ou bien dans le sérum humain ou équin, dans la bile, dans le bouillon de cerveau, de foie, etc. fournit des cultures plus ou moins riches, mais, en vérité, d'une toxicité modérée. Seule, la culture en macération filtrée et peptonée d'intestin de lapin nous a donné une culture assez toxique. D'une manière générale, la toxicité des cultures est plus marquée lorsque ces cultures restent alcalines.

L'injection au lapin et au cobaye des cultures en milieux ci-dessus permet d'obtenir un sérum fortement agglutinant, mais son pouvoir protecteur contre un virus actif a été peu marqué.

Par la culture *in vivo*, nous avons essayé de renforcer le pouvoir toxique et pathogène du bacille en le faisant passer en série dans le péritoine du lapin, avec adjonction de toxine streptococcique ([1]), ou bien en affaiblissant la résistance de l'animal à l'aide de moyens artificiels ([2]).

Les cobayes ayant reçu $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{2}$ centimètre cube de ces cultures renforcées succombent en 24 heures par septicémie. L'expérience démontre que, par ce moyen, on a beaucoup exalté le pouvoir végétatif du bacille, particulièrement pour l'espèce animale chez laquelle il a été adapté, mais on n'a pas obtenu un accroissement parallèle bien marqué de sa toxicité.

II. Dans des expériences déjà anciennes, nous avons réussi à rendre pathogènes et très toxiques des microbes saprophytes, c'est-à-dire dépourvus naturellement de tout pouvoir infectieux ([3]), en les cultivant en sacs introduits dans le péritoine, conformément à la technique déjà suivie dans les laboratoires. Par ce même moyen, nous avons cultivé le bacille typhique *en série*.

Dans ces conditions, la culture, extrêmement riche, reste alcaline. Filtrée ou centrifugée, elle se trouble par chauffage à 100°. Le bacille est petit, peu mobile.

Ces cultures sont très pathogènes pour la souris qu'elles tuent par septicémie à la dose d'une goutte, et pour le cobaye à la dose de trois à cinq

---

([1]) H. Vincent, *Soc. de Biologie*, 2 juillet 1892 et *Ann. de l'Inst. Pasteur*, 25 février 1893.

([2]) H. Vincent, *Soc. de Biologie*, 4 juin 1904 et 1er juin 1907.

([3]) H. Vincent, *Sur les aptitudes pathogènes des microbes saprophytes* (*Ann. de l'Inst. Pasteur*, 1898).

gouttes (péritoine). L'activité du bacille s'accroît surtout à partir du troisième ou quatrième passage. 1^{cm^3} de culture, injecté dans la veine d'un fort lapin (2^{kg},700), l'a tué en 24 heures avec les symptômes suivants : torpeur complète, parésie du train postérieur, dyspnée intense, puis ralentissement de R, hypothermie. Les ensemencements ont montré que le bacille ne s'était nullement multiplié. *L'animal était donc mort d'intoxication plutôt que d'infection.*

Transporté dans les milieux usuels et mis à l'étuve, le bacille ainsi renforcé y perd rapidement une partie de son activité. On ne peut donc, en dehors des sacs, obtenir un virus actif et de toxicité fixe.

Chez les animaux les moins résistants (souris, cobaye) l'inoculation des cultures en sac est suivie d'une multiplication considérable des bacilles. Chez les animaux plus résistants (lapin adulte) la mort résulte plutôt de l'intoxication par les produits solubles du bacille.

Après centrifugation et stérilisation par l'éther du liquide surnageant, celui-ci, qui renferme quelques rares microbes, est très toxique. Il tue la souris en 14-20 heures à la dose de 3 à 5 gouttes, et le cobaye en 30 heures, à la dose de 15 à 20 gouttes dans le péritoine.

La sécrétion abondante des toxines dans les cultures en sac est encore mise en évidence par ce fait que quelques-uns des cobayes et des lapins ayant reçu des sacs de passage, sont morts en 2 à 5 jours par intoxication due à l'exosmose de la toxine, toute autre cause devant être écartée. L'un de ces sacs, ayant tué un lapin, a été transféré intact dans l'abdomen d'un autre lapin. Celui-ci est mort en 72 heures, avec un état typhoïde et une très forte diarrhée.

La toxicité du centrifugat s'atténue assez vite, sous l'influence de l'air et de la lumière. Elle est très affaiblie à 100°. Il advient également parfois que, par suite, sans doute, de la résistance particulière de certains animaux neufs, qui possèdent peut-être des anticorps naturels, le pouvoir toxique d'une série tombe brusquement. Le passage en sac du bacille exalté, chez un animal *immunisé*, a un résultat semblable (culture moins abondante, agglutinée et très peu toxique).

III. En nous fondant sur les résultats de ces expériences et sur la constatation des propriétés protectrices et antitoxiques du sérum des lapins ayant reçu des doses progressives de cultures de passage en sac, la même méthode d'immunisation a été appliquée à des chevaux qui m'ont été prêtés en 1912 et 1913 par M. Roux, à l'Institut Pasteur, à qui j'exprime

tous mes remercîments ([1]). Les événements actuels de guerre ont interrompu ces essais, qui vont être repris.

Nous ferons connaître les résultats que peut donner l'emploi thérapeutique du sérum des chevaux ainsi immunisés ([2]).

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

G. D.

([1]) J'adresse aussi mes vifs remercîments à M. Frasey, pour son concours très obligeant.

([2]) Le sérum d'un cheval ayant succombé prématurément avant son entière immunisation a été injecté, à la dose de 25^{cm^3}, à un typhoïsant, au septième jour de sa maladie. 30 heures après, la fièvre et les phénomènes infectieux ont cessé brusquement et définitivement. Il n'y a pas eu de rechute. Nous ne tirons aucune conclusion de cet essai qui n'a pu être renouvelé, par suite d'une souillure accidentelle du sérum.